

электродами — рельсами Р (рис. 3,а), к-рая при этом испаряется и ионизуется, либо за счёт ионизации газа, вращиваемого в межэлектродный промежуток через спец. клапан. При разряде на ток в плазменной перемычке П (достигающий десятков и сотен кА) действует собств. магн. поле электр. контура, в результате чего за время ~1 мкс и происходит ускорение сгустка. В нач. 60-х гг. появились им-

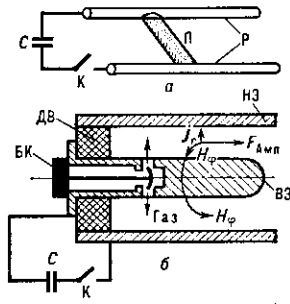


Рис. 3. Плазменные ускорители с собственным магнитным полем: а — схема релятивистрона; б — схема коаксиального импульсного плазменного ускорителя. Быстродействующий клапан БК подает газ в зазор между внутренним (ВЭ) и наружным (НЭ) электродами.

пульсные коаксиальные ускорители. Эти ускорители обычно работают на газе (рис. 3,б), хотя достаточно часто используются «эрозивные» П. у., в к-рых рабочим веществом служат продукты эрозии диэлектрич. вставки ДВ, либо пары электродов. Импульсные П. у., работающие на водороде, позволяют получать потоки со скоростями ~10⁸ см/с (10 кэВ/частицу) с общим энергосодержанием, приближающимся к мегаджоулю (~10²² частиц/импульс).

Стационарные сильноточные П. у. В принципе коаксиальные П. у. можно сделать стационарными (работающими в непрерывном режиме), если поддерживать напряжение и непрерывно подавать между электродами рабочее вещество. Для оптимизации процесса в случае работы на газе канал надо сделать переменной ширины (рис. 4,а). Если анод сделать сплошным, то при пост. подаче рабочего вещества и непрерывном увеличении разрядного тока I_р скорость истечения плазмы и кпд ускорителя сначала будут расти (уменьшается уд. вес затрат на ионизацию, нагрев плазмы и потери на стенки). Однако при нек-ром значении I_р происходит вынос большей части разрядного тока за срез ускорителя, напряжение резко возрастает, падает кпд, в ускорителе возникают колебания. Наступает т. н. критич. режим. Его физ. причиной является в конечном счёте обеднение ионами прианодной области, к-рое происходит под действием объёмного электр. поля. Такой критич. режим наиб. эффективно устраняют подачей части рабочего вещества через анод (переход в режим «ионного токопереноса»), для чего используют не сплошной, а пористый или стержневой анод. Наиб. часто такая схема применяется в квазистационарных П. у., работающих при мощностях ~10⁸ Вт с длительностью импульса ~1 мс.

В стационарных коаксиальных П. у. большой нагрузке подвергается не только анод, но и катод, где превалируют тепловые нагрузки вследствие гибели ионов. В области умеренных мощностей (N ≤ 10⁴ кВт) проблема катода решается переходом на «торцевую» схему с коротким катодом, через к-рый одновременно подается рабочее вещество.

На нормально работающих торцевых П. у. с собств. магн. полем при разрядных токах ок. 10⁴ А удаётся получить стационарные потоки плазмы со скоростями 50 км/с. Торцевой плазменный ускоритель становится неработоспособным не только при больших, но и при малых разрядных токах I_р. Поскольку сила Ампера (за счёт к-рой происходит ускорение в П. у.) пропорц. I_р², при I_р < 1000 А она в реальных условиях становится меньше, чем газокинетич. давление, и торцевой П. у. превращается в обычный плазмотрон. Чтобы увеличить эффективность торцевого П. у. при малых мощностях, в рабочем канале создают внеш. магн. поле (рис. 4,б). Получающийся П. у. наз. торцевым холловским или магнитоплазменным ускорителем. Он позволяет получать потоки плазмы

со скоростями в десятки км/с при мощности ≥ 10 кВт. Замечат. особенность торцевых П. у. — способность создавать потоки частиц с энергией, в неск. раз превосходящей приложенную разность потенциалов. Это объясняется увлечением ионов электронным потоком, идущим из катода (электронным ветром).

Наряду с «внешней» подачей рабочего вещества через катод, значит. распространение в установках для плазменной технологии получи-

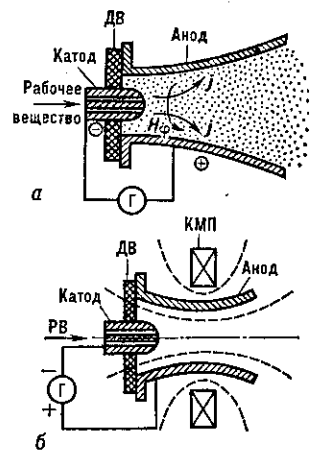


Рис. 4. Стационарные сильно-точные плазменные ускорители: а — схема торцевого плазменного ускорителя (ДВ — диэлектрич. вставка); б — схема торцевого магнитоплазменного ускорителя (ДВ — диэлектрическая вставка; КМП — катушка магнитного поля; РВ — рабочее вещество).

ли торцевые магнитоплазменные ускорители с эрозией (за счёт катодных пятен) охлаждаемых катодов.

Квазистационарный сильноточный П. у. Переход в область мощностей > 10⁷ Вт и скоростей истечения ≥ 10⁷ см/с требует не только использования ионного токопереноса, но и защиты катода от тепловых перегрузок. В этих условиях можно применить длинный катод и для пропускания тока использовать его боковую поверхность, как это сделано в коаксиальном импульсном П. у. (рис. 3, б). Однако теперь для обеспечения стационарности течения зазор между электродами должен иметь переменную ширину, сужение, как сошло Лавала. Это течение подчиняется ур-нию Бернулли:

$$\frac{v^2}{2} + i(\rho) + \frac{H^2}{4\pi\rho} = \text{const.}$$

Здесь i(ρ) — энтальпия. Из ф-лы следует, что макс. скорость плазмы на выходе из такого П. у.

$$v_{\text{макс}} = \sqrt{2[v_{30}^2/(\gamma - 1) + v_{A0}^2] + v_0^2} \approx \sqrt{2}v_{A0}$$

(знаком «0» отмечены значения параметров на входе в канал, v₃₀ — скорость звука, v_{A0} — альвеновская скорость, γ — показатель адиабаты).

П. у. с внешним магнитным полем. Если требуется получить стационарные потоки малой мощности (≥ 100 Вт) или потоки частиц с большими скоростями (≥ 10⁸ см/с), особенно удобными оказываются т. н. П. у. «с замкнутым дрейфом», один из видов к-рых изображён схематически на рис. 5. Если между анодом и катодом приложить разность потенциалов, то электроны начнут дрейфовать перпендикулярно электр. Е и магн. Н полям, описывая кривые, близкие к циклоиде. Длина ускорительного канала L выбирается так, чтобы высота электронной циклоид-

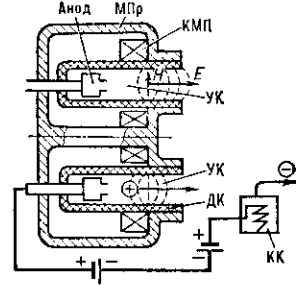


Рис. 5. Схема плазменного ускорителя с замкнутым дрейфом. Магнитное поле создается магнитопроводом МПр и катушками КМП; ДК — диэлектрическая камера.

ды h_c была много меньше L (L ≫ h_c). В этом случае говорят, что электроны «замагничены». Высота полной циклоиды h_i в силу большой массы (M_i) иона в M_i/m_e раз превосходит h_c (m_e — масса электрона). Поэтому если сделать длину канала L много меньше h_i, то ионы будут